

Технология PDH

Система Тканалов

Сеть PDH обладает всеми свойствами, которые были приведены в предыдущем разделе при описании первичных сетей: это сети с коммутацией каналов, с простейшей топологией двухточечных линий связи, с мультиплексорами в качестве основного вида оборудования. Вместе с тем, сети PDH имеют свою специфику, на которой следует коротко остановиться.

Технология плезиохронной цифровой иерархии (PDH) была разработана в конце 60х годов компанией AT&T для решения проблемы связи крупных коммутаторов телефонных сетей между собой. Начало было положено разработкой мультиплексора **T1**, который позволял в цифровом виде мультиплексировать, передавать и коммутировать (на постоянной основе) голосовой трафик 24 абонентов. Так как абоненты попрежнему пользовались обычными телефонными аппаратами, то есть передача голоса шла в аналоговой форме, то мультиплексоры T1 сами осуществляли оцифровывание голоса с частотой 8000 Гц и кодировали голос методом импульснокодовой модуляции. Для разделения канала использовалось *мультиплексирование с разделением времени* (TDM). В кадре T1 последовательно передается по одному байту каждого абонента, а после 24 байтов вставляется один *бит синхронизации*, итого $24 \times 8 + 1 = 193$ бита за 125 мкс. В результате каждый абонентский канал образовывал цифровой поток данных 64 Кбит/с (DS0), а мультиплексор T1 обеспечивал его передачу на скорости 1,544 Мбит/с.

В качестве средств мультиплексирования при соединении крупных телефонных станций каналы T1 имели недостаточную пропускную способность, поэтому была реализована идея образования каналов с *иерархией скоростей*. Четыре канала типа T1 объединили путем побайтного временного мультиплексирования в канал следующего уровня цифровой иерархии — T2, передающий данные со скоростью 6,312 Мбит/с. Канал T3, образованный путем объединения семи каналов T2, имеет скорость 44,736 Мбит/с. Канал T4 объединяет шесть каналов T3, в результате его скорость равна 274 Мбит/с. Описанная технология получила название **системы Т-каналов** (рис. 8.7).

Технология систем Т-каналов была стандартизована Американским национальным институтом стандартов (ANSI), а позже — международной организацией ITUT. В результате внесенных ITU-T изменений возникла несовместимость американской и международной версий стандарта PDH. Аналогом систем Т-каналов в международном стандарте являются каналы типа **E1, E2, E3 и E4** с отличающимися скоростями — 2,048, 8,488, 34,368 и 139,264 Мбит/с соответственно. Канал E1 оперирует кадрами длиной в 32 байта, из которых 30 представляют байты 30 пользовательских потоков 64 Кбит/с, а два байта составляют заголовок кадра, в котором и переносится служебная информация.

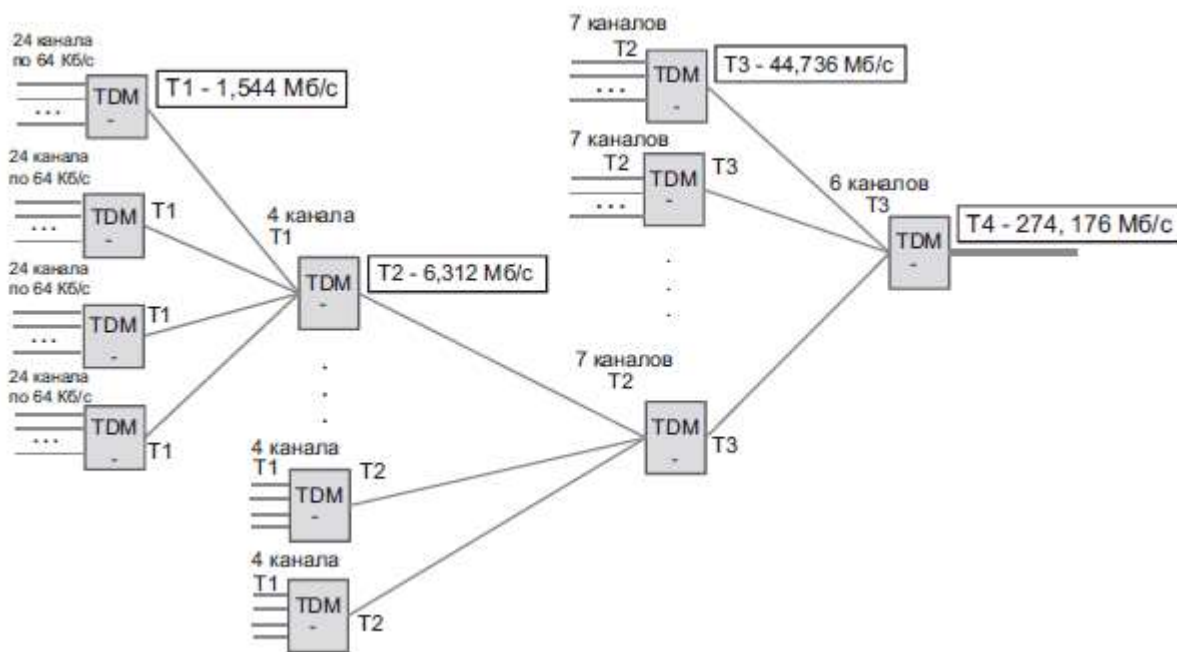


Рис. 8.7. Система Т-каналов

При мультиплексировании нескольких пользовательских потоков в мультиплексорах PDH применяется техника, известная как **битстаффинг**. К этой технике прибегают, когда скорость пользовательского потока оказывается несколько меньше, чем скорость объединенного потока, — подобные проблемы могут возникать в сети, состоящей из большого количества мультиплексоров, несмотря на все усилия по централизованной синхронизации узлов сети. В результате мультиплексор PDH периодически сталкивается с ситуацией, когда какой-либо из объединяемых потоков «опаздывает» и мультиплексору «не хватает» бита для представления этого потока в объединенном кадре. В этом случае мультиплексор просто вставляет в объединенный поток битвставку и отмечает этот факт в служебных битах объединенного кадра. При демultipлексировании объединенного потока битвставка удаляется из пользовательского потока, который возвращается в исходное состояние.

Отсутствие полной синхронности потоков данных при объединении низкоскоростных каналов в высокоскоростные и дало название технологии PDH: «плезизохронный» означает «почти синхронный».

Способ выравнивания скоростей потоков при их мультиплексировании с помощью битстаффинга прост, но он приводит к сложностям при демultipлексировании, так как заранее не известно, на каком уровне (или уровнях) был добавлен бит. Например, чтобы получить данные абонентского канала 64 Кбит/с из кадров T3, нужно провести демultipлексирование этих кадров до уровня кадров T2, затем демultipлексировать кадры T2 до кадров T1, а уже затем выделить из них пользовательские потоки 64 Кбит/с.

Таким образом, в технологии PDH не могут быть использованы *мультиплексоры вводавывода и кроссконнекторы*, так как эти устройства построены на возможности вывода отдельного

подканала из магистрального канала без полного демультиплексирования последнего. Это сильно ограничивает возможности подключения новых пользователей к промежуточным устройствам.

Недостатком PDH являются также слишком низкие по современным понятиям скорости передачи данных — ее иерархия скоростей заканчивается уровнем 139 Мбит/с, то есть PDH не способна передавать данные стандартного на сегодня интерфейса персональных компьютеров со скоростью 1 Гбит/с.

Синхронизация в сетях PDH

Механизмы мультиплексирования/демультиплексирования технологий PDH требуют синхронной работы всех мультиплексоров сети. В случае небольшой сети PDH, например сети города, синхронизация всех устройств сети из одной точки представляется достаточно простым делом и может быть осуществлена от одних точных часов, соединенных проводными линиями связи с синхровходами каждого мультиплексора. Однако для более крупных сетей, например, сетей масштаба страны, состоящих из некоторого количества региональных сетей, централизованная синхронизация всех устройств сети посредством одного источника сигналов точного времени представляет собой проблему.

Общий подход к решению этой проблемы описан в стандарте ITUT G.810. Он заключается в организации *в сети иерархии эталонных источников синхросигналов, а также системы распределения синхросигналов по всем синхронизируемым элементам (СЭ) сети* (рис. 8.8). Такая система образует отдельную сеть синхросигналов, в мультиплексорах она образуется за счет использования синхробайтов в заголовке кадра STM1.

Каждая крупная сеть должна иметь, по крайней мере, один очень точный источник синхросигналов — **первичный эталонный генератор (ПЭГ)** синхросигналов. В соответствии с требованиями стандартов он должен быть способен вырабатывать синхросигналы с *относительной точностью частоты* не хуже 10^{-11} . На практике в качестве ПЭГ используют либо автономные атомные (водородные или цезиевые) часы, либо часы, синхронизирующиеся от спутниковых систем точного мирового времени (GPS или ГЛОНАСС). Обычно точность ПЭГ достигает 10^{-13} .

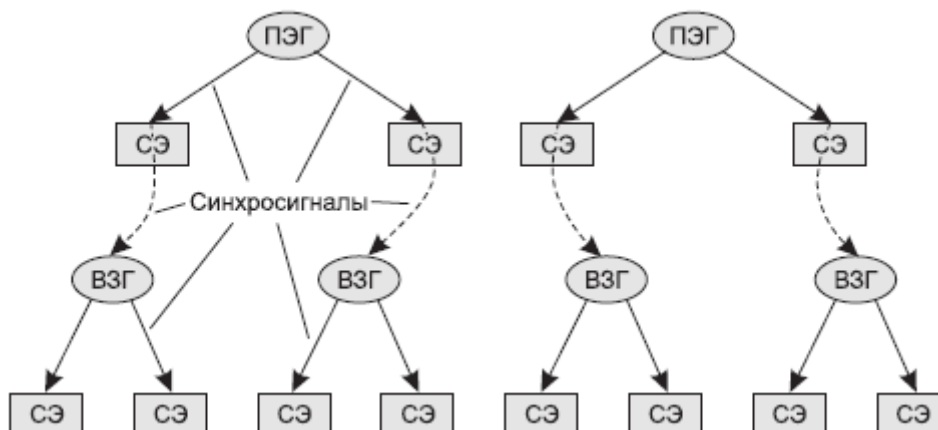


Рис. 8.8. Организация распределения синхросигналов по узлам сети

Стандартным синхросигналом является сигнал тактовой частоты уровня E1/T1, то есть частоты 2048 кГц для международного варианта стандартов PDH и SDH, и 1,544 кГц для варианта этих стандартов, применяемых США. Синхросигналы от ПЭГ непосредственно поступают на специально отведенные для этой цели *синхровходы* магистральных синхронизируемых устройств сети PDH — синхровходы магистральных мультиплексоров. Если это составная сеть, то каждая крупная сеть, входящая в состав составной сети (например, региональная сеть, входящая в состав национальной сети), имеет свой ПЭГ.

Для синхронизации немагистральных узлов используется **вторичный задающий генератор (ВЗГ)** синхросигналов. ВЗГ работает в режиме принудительной синхронизации, являясь ведомым таймером в паре ПЭГ — ВЗГ. Обычно ВЗГ получает синхросигналы от некоторого ПЗГ через промежуточные магистральные узлы сети, при этом для передачи синхросигналов используются биты служебных байтов кадра. Точность ВЗГ вторичного генератора меньше, чем точность ПЭГ: в стандарте ITUT она определяется как «не хуже 10^{-9} ».

Иерархия эталонных генераторов может быть продолжена, если это необходимо, при этом требование к точности генератора каждого более низкого уровня естественно понижается. Генераторы нижних уровней могут использовать для выработки своих синхросигналов несколько эталонных генераторов более высокого уровня, но при этом в каждый момент времени один из них должен быть основным, а остальные — резервными; такое построение системы синхронизации обеспечивает ее отказоустойчивость. Кроме того, при построении системы синхронизации требуется гарантировать отсутствие петель синхронизации.

Методы синхронизации цифровых сетей, кратко описанные выше, применимы не только к сетям PDH, но и к другим сетям, работающим на основе синхронного TDM мультиплексирования, например, к сетям SDH, к рассмотрению которых мы и переходим.